

Desain dan Implementasi Antena Quadrifilar Helix untuk Komunikasi Antarpulau pada Pita UHF

Heru Wijanarko, M. Hanif, Siti Aisyah, dan Kamarudin
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461
e-mail: wijanarko@polibatam.ac.id

Abstrak—Kepulauan Riau yang terdiri dari ribuan pulau dan terletak di daerah terluar Indonesia memiliki tantangan tersendiri. Berdasarkan letak geografis yang strategis ini, terdapat ancaman dan peluang untuk mengembangkan sistem informasi antarpulau. Komunikasi jarak jauh nirkabel dianggap yang paling cocok untuk kondisi tersebut. Antena merupakan salah satu bagian penting dalam komunikasi nirkabel. Dilakukan penelitian dan fabrikasi antena Quadrifilar Helix dengan memanfaatkan kelebihan serta pertimbangan material sederhana, ringan dan murah, sebagai antena penerima pada sistem komunikasi antarpulau. Pada penelitian ini telah dilakukan proses desain, fabrikasi, dan pengujian antena. Desain dilakukan dengan bantuan *software* Antenna Magus, pengukuran dilakukan menggunakan instrumen *Vector Network Analyzer*, dan pengujian dilaksanakan pada kondisi lingkungan LOS. Hasil fabrikasi antena terdapat pergeseran frekuensi optimum dari 433 MHz menjadi 452.5 MHz, dengan persentase *error* 5,88 %. Hasil fabrikasi antena yang diukur pada frekuensi 433 MHz, memiliki nilai *return loss* sebesar -13,06 dB dan VSWR 1,5, dimana masih memenuhi kriteria $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$. Antena Quadrifilar Helix hasil fabrikasi juga dapat menerima data dari sensor GPS, suhu, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin hingga 9 kilometer. Sehingga antena ini layak digunakan sebagai antena untuk komunikasi antarpulau pada pita UHF.

Kata kunci: *Quadrifilar Helix, return loss, VSWR, 433 MHz, RSSI, penerima*

Abstract—Riau Islands, which consists of thousands of islands and is located in the border area of Indonesia, has its own challenges. Based on this strategic geographical location, there are threats and opportunities to develop inter-island information systems. Wireless long-range communication is considered the most suitable for these conditions. Antennas are an important part of wireless communication. Research and fabrication of the Helix Quadrifilar antenna by utilizing the advantages and consideration of simple, lightweight and inexpensive materials, as the receiver antenna in inter-island communication systems. In this research, the design was carried out with the assist of the Antenna Magus software, measurements were using a Vector Network Analyzer instrument, and testing accomplished under the LOS conditions. The results are fabricated antenna optimum frequency shift of 433 MHz to 452.5 MHz, within 5.88% error percentage. The antenna fabrication which is measured at a frequency of 433 MHz, obtained return loss -13.06 dB and VSWR 1.5, that meets the criteria of $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$. Quadrifilar Helix Antenna fabricated results can receive data from GPS sensors, temperature, humidity, air pressure, wind speed and wind direction of up to 9 kilometers. So that this antenna is suitable to be used as an antenna for inter-island UHF communication.

Keywords: *Quadrifilar Helix, return loss, VSWR, 433 MHz, RSSI, receiver*

Copyright © 2020 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Riau merupakan wilayah kepulauan yang terdiri dari banyak pulau kecil dengan luas daratannya sebesar 8.201,72 km². Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kepulauan Riau, terdapat 1.800 pulau di wilayah Kepulauan Riau [1]. Secara geografis, Kepulauan Riau berbatasan langsung dengan pusat bisnis dan keuangan Singapura dan menjadi pintu masuk Selat Malaka dari sebelah Timur. Kondisi geografis ini menimbulkan banyak ancaman, tetapi juga terdapat banyak peluang untuk peningkatan kesejahteraan penduduk dan kemajuan *hinterland*. Dukungan teknologi

sangat diperlukan untuk mempermudah eksplorasi potensi tiap pulau. Teknologi informasi dan komunikasi jarak jauh nirkabel diyakini paling cocok untuk pemantauan *remote area*. Banyak hal yang dapat dipantau jika teknologi ini diterapkan, diantaranya pemantauan hutan mangrove [2], pemantauan area laut [3], kondisi perubahan parameter lingkungan (suhu, kelembaban, tekanan udara, ketinggian, koordinat lokasi dan tingkat CO₂) [4], dan identifikasi bencana [5].

Antena merupakan salah satu perangkat yang penting untuk mendukung proses komunikasi jarak jauh nirkabel.

*Permohonan paten sederhana (S00201911528) yang merupakan bagian dari artikel ini telah diajukan

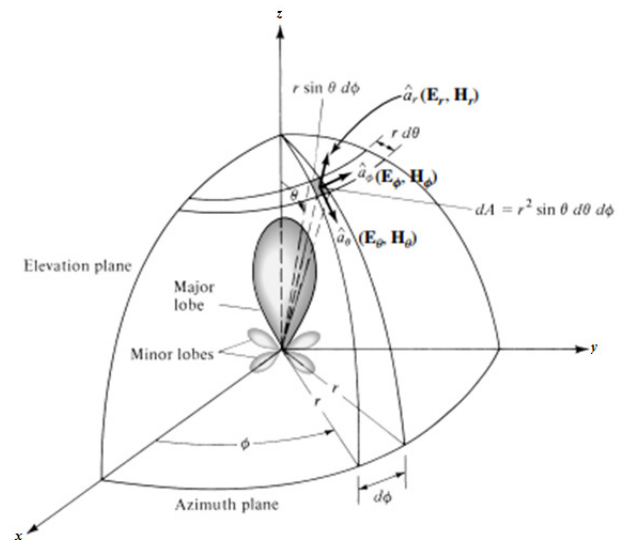
Teknologi komunikasi radio yang banyak digunakan untuk pemantauan *remote area* adalah komunikasi radio 433 MHz dan 2,4 GHz, masuk dalam rentang frekuensi pita Ultra High Frequency (UHF), dikarenakan frekuensi ini legal dan tidak berbayar. Penelitian ini menggunakan modul radio 433 MHz, dimana jangkauan lebih jauh dibanding dengan modul radio 2,4 GHz.

Pada artikel ini, penulis akan membahas tentang desain dan kinerja antenna Quadrifilar Helix yang dirancang untuk komunikasi antarpulau pada pita UHF. Sebelumnya, telah dilakukan beberapa penelitian untuk mendukung komunikasi antarpulau. Suatu penelitian [4] telah melakukan akuisisi data parameter lingkungan yang fokus pada kecepatan pemrosesan data yang dikirim, namun belum menggunakan antenna. Penelitian lainnya [6] memanfaatkan modul GSM sebagai penanda koordinat lokasi pada *hinterland*. Selanjutnya telah dilakukan penelitian untuk mentransmisikan data gambar secara real time pada kanal UHF menggunakan modul radio *transceiver* 3DR [7]. Data gambar belum dapat ditransmisikan pada jarak yang jauh karena hanya memanfaatkan antenna internal dari modul radio yang digunakan. Sehingga, sebagai kelanjutan dari penelitian yang telah dilakukan, antenna Quadrifilar Helix dirancang agar jangkauan komunikasi dapat optimal.

Antena Quadrifilar Helix merupakan salah satu jenis dari antenna heliks yang biasanya digunakan pada *ground segment* sebagai antenna penerima untuk komunikasi satelit, karena pola radiasi *hemispheric*, ideal untuk penerimaan di darat [8]. Antena ini juga memiliki banyak kelebihan yaitu: ringan, gain yang besar dan, pola radiasi yang terarah [9]. Berbeda dengan penelitian yang telah ada, dengan memanfaatkan kelebihan yang dimiliki oleh antenna Quadrifilar Helix, penulis mendesain dan memfabrikasi antenna berbiaya dan berbahan murah yang dapat digunakan untuk komunikasi antarpulau pada frekuensi kerja 433MHz. Setelah antenna difabrikasi, dilakukan pengukuran dan pengujian pada lingkungan dimana *payload* dapat berkomunikasi dengan perangkat penerima secara *Line of Sight* (LOS), serta membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengukuran dan pengujian.

II. STUDI PUSTAKA

Antena Quadrifilar Helix merupakan antenna yang berbentuk seperti pegas, yang terdiri dari empat pegas yang digabungkan menjadi satu, dimana diameter lilitan dan jarak lilitan diatur sedemikian rupa untuk memenuhi aspek kebutuhan dari antenna tersebut. Oleh karena itu, penerimaan data dapat terpenuhi secara optimal dari *payload* ke perangkat penerima. Penulis menggunakan antenna Quadrifilar Helix sebagai alat transmisi yang digunakan untuk menghubungkan antara *payload* dan perangkat penerima. Terdapat beberapa parameter dasar yang perlu diperhatikan dalam mendesain sebuah antenna untuk mendapat hasil optimal seperti dipaparkan berikut ini.



Gambar 1. Koordinat sistem untuk analisis antenna [10]

A. Pola Radiasi (Radiation Pattern)

Pola radiasi merupakan plot tiga dimensi yang berbentuk fungsi matematika atau representasi grafik dari distribusi sinyal yang diterima antenna sebagai fungsi koordinat ruang. Pola radiasi antenna berdasarkan bidang irisan terbagi menjadi dua buah pola radiasi, yaitu pola radiasi dengan arah elevasi (pola elevasi) dan azimuth (pola azimuth) [10]. Ada beberapa bagian yang penting dalam pola radiasi antenna, ditunjukkan pada Gambar 1, yaitu:

1. *Main/major lobe*, adalah berkas radiasi yang dimana terdapat kekuatan pancaran radiasi terbesar.
2. *Minor lobe*, adalah berkas radiasi yang pancaran radiasinya kecil. Minor lobe dibagi dua berdasarkan posisinya, *side lobe* dan *back lobe*.
3. *Half Power Beamwidth (HPBW)*, adalah sudut yang dibentuk oleh pancaran antenna.

B. Impedansi Input

Impedansi input adalah rasio perbandingan antara tegangan dan arus pada sebuah terminal di antenna atau rasio komponen dari medan listrik ke medan magnet pada suatu titik. Impedansi input antenna umumnya merupakan fungsi frekuensi. Dengan demikian antenna akan disesuaikan dengan interkoneksi saluran transmisi dan perangkat. Selain itu, impedansi input antenna tergantung pada banyak faktor termasuk geometri, metode eksitasi, dan jarak dengan objek di sekitarnya [10].

C. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Perbandingan antara gelombang maksimum dengan gelombang minimum yang sering disebut dengan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) merupakan salah satu parameter yang menjadi penentu dalam *matching*-nya sebuah antenna dengan *transmitter*. Kondisi yang paling diharapkan untuk nilai VSWR adalah bernilai 1, dimana merupakan kondisi ideal, sehingga nilai toleransi

maksimum VSWR yaitu bernilai 2.

Transmisi memiliki dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (v_+) dan tegangan yang direfleksikan (v_-). Perbandingan antara kedua tegangan tersebut disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ).

$$\frac{v_-}{v_+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}, \quad (1)$$

Koefisien refleksi tegangan (Γ) mempunyai nilai kompleks, yang menggambarkan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi, dimana Z_L adalah impedansi beban (*load*) dan Z_0 adalah impedansi saluran *lossless*. Nilai VSWR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [10],

$$\frac{|v|_{\max}}{|v|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}, \quad (2)$$

dimana $\Gamma = -1$ adalah refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat, $\Gamma = 0$ menunjukkan tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna, dan $\Gamma = +1$ merupakan refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

D. Directivity

Directivity merupakan suatu rasio intensitas radiasi yang mengarah pada arah tertentu sehingga radiasi menjadi rata pada semua arah. Nilai intensitas radiasi rata-rata merupakan total daya yang dipancarkan oleh antena dibagi dengan 4π , untuk mengetahui ukuran konsentrasi radiasi *directivity* ke arah maksimum [10],

$$directivity = \frac{\max \text{ radiation intensity}}{\text{avg radiation intensity}} = \frac{\mu_{\max}}{\mu_0}. \quad (3)$$

E. Return Loss

Return loss merupakan sebuah acuan untuk menentukan banyaknya daya yang hilang pada beban yang disebabkan oleh tidak kembalinya daya sebagai pantulan. *Return loss* ditentukan dari sebuah nilai perbandingan antara amplitudo dan gelombang yang direfleksikan serta yang dikirim. Antara *return loss* dan VSWR memiliki kaitan yang erat dimana kedua parameter atau acuan penentu *matching* suatu perangkat *transmitter* dengan antena [11]. Berikut persamaan *return loss* jika koefisien refleksi diketahui.

$$\text{Return loss} = 20 \log \Gamma, \quad (4)$$

dimana Γ adalah koefisien refleksi.

F. Penguatan (Gain)

Gain adalah rasio intensitas pada arah tertentu yang dipancarkan secara isotropik. *Gain* juga merupakan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyal atau

penerimaan sinyal dari arah tertentu. *Gain* diukur dengan satuan kuantitas yang berbentuk perbandingan dengan satuan desibel.

Semakin besar nilai *gain* pada sebuah antena, maka nilai *Surface Area of Sphere* dan *Illuminated Area on Sphere* (*beamwidth*) akan semakin kecil. Hal ini menyebabkan radiasi dari antena tersebut akan mengarah kesuatu titik tertentu, sehingga *gain* sangatlah berpengaruh sebagai pengarah antena atau *directional antenna* [12].

G. Received Signal Strength Indicator (RSSI)

RSSI merupakan indikator yang dapat menunjukkan nilai indeks yang dapat diterima oleh *interface* dari antena penerima. Analisis nilai RSSI diperlukan agar kita dapat memahami fitur yang menjadi dasar dari pola posisi [13]. Dengan menggunakan nilai RSSI, posisi dapat diprediksi dan dapat membantu mengetahui apakah antena penerima masih dapat berkomunikasi dengan pengirim.

Dengan menggunakan indeks RSSI, kekuatan sinyal sebuah antena dalam dBm dapat diketahui. Indeks RSSI yang didapatkan dari pengukuran dikonversi menjadi dBm dengan menggunakan (5),

$$signal_{dBm} = \left(\frac{RSSI}{1.9} \right) - 127, \quad (5)$$

nilai RSSI dalam dBm, menurut [13], dapat diprediksi dan dimodelkan berdasarkan kuat sinyal rata-rata dari jarak radius penerima dengan (6),

$$RSSI_{dBm} = A - 10n \log d, \quad (6)$$

sehingga nilai *path loss exponent* dapat dihitung dengan menggunakan (7),

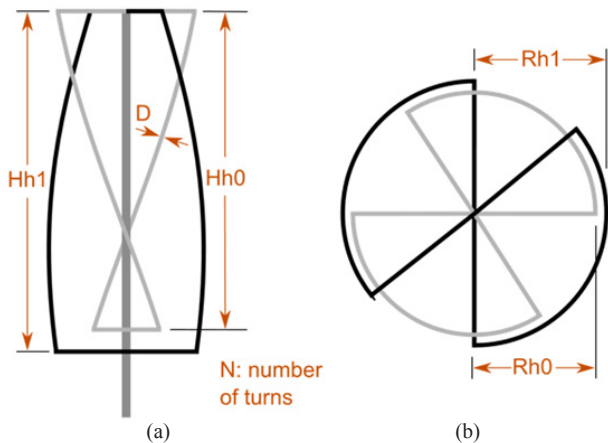
$$n = \frac{A - RSSI_{dBm}}{10 \log d}, \quad (7)$$

dimana n adalah konstanta propagasi sinyal atau eksponen (*path loss exponent*), d jarak dari pengirim, dan A kekuatan sinyal yang diterima dalam jarak 1 meter dengan satuan dBm.

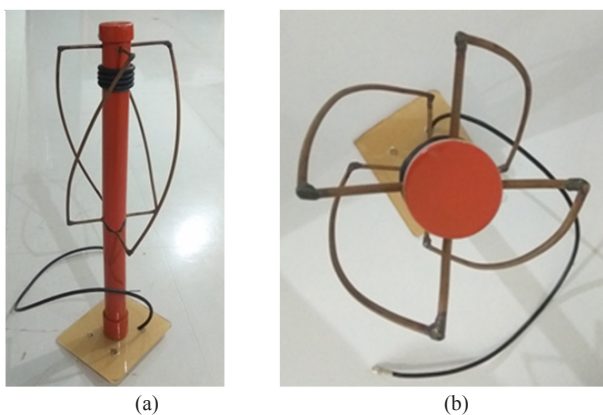
Nilai n (*path loss exponent*) juga dapat diasumsikan berdasarkan kondisi lingkungan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *PathLoss Exponent* (n) [14]

Enviroment	PathLoss Exponent, n
Free Space	2
Urban area cellular radio	2,7 – 3,5
Shadowed urban cellular radio	3 – 5
In Building line of sight	1,6 – 1,8
Obstructed in building	4 – 6
Obstructed in factories	2 – 3



Gambar 2. Desain Antena Quadrifilar Helix; (a) Tampak samping, (b) Tampak atas



Gambar 3. Fabrikasi Antena Quadrifilar Helix; (a) Tampak samping, dan (b) Tampak atas

III. METODE

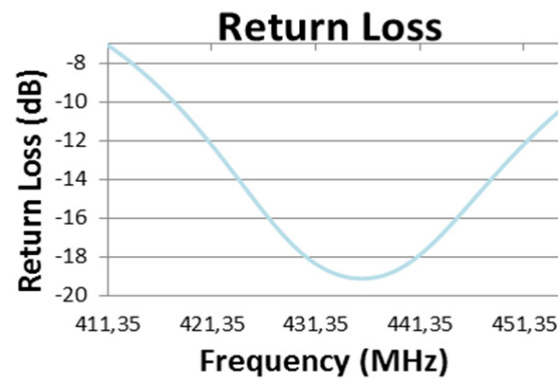
A. Perancangan Antena

Penelitian ini diawali dengan desain antena Quadrifilar Helix dengan bantuan *software* untuk memudahkan perhitungan dan untuk menemukan nilai-nilai parameter yang tepat untuk sebuah antena. Adapun *software* yang digunakan dalam perancangan antena ini adalah Antenna Magus.

Komponen utama dari antena ini adalah kawat tembaga solid yang berdiameter 3,965 mm dan tiang penyangga dari pipa plastik atau pvc berdiameter 20 mm. Untuk mekanik dari antena, ditunjukkan pada Gambar 2(a), memiliki ukuran dengan rincian:

1. Tinggi dari bifilar 0 (Hh0) adalah 229,7 mm;
 2. Tinggi dari bifilar 1 (Hh1) adalah 244,6 mm.
- Antena ini memiliki belokan dari setiap heliksnya adalah 0,25 *turn*.

Pada Gambar 2 (b), dapat dilihat bahwa setiap heliks memiliki radius, untuk heliks 0 (Rh0) memiliki radius 58,91 mm dan heliks 1 (Rh1) 62,72 mm. Elemen tembaga disolder dengan kabel coaxial, dan *center conductor* dari kabel tersebut akan dihubungkan dengan dengan heliks yang besar dan kecil pertama. *Ground*-nya dihubungkan dengan heliks besar dan kecil lainnya. Pada ujung sisi lain kabel ini didukung dengan konektor rp sma *female* untuk



Gambar 4. Grafik *return loss* Antena Quadrifilar Helix hasil simulasi

memudahkan penyambungan pada radio.

A. Fabrikasi Antena

Fabrikasi dilakukan sesuai dengan nilai atau ukuran yang didapat dari desain menggunakan *software* Antenna Magus. Antena Quadrifilar Helix ini difabrikasi menggunakan material pipa plastik sebagai tiang penyangga dan kawat tembaga. Biaya yang dihabiskan untuk fabrikasi antena ini kurang lebih 120 ribu rupiah, sehingga masih dianggap murah dan terjangkau bagi siapa yang ingin membuatnya. Hasil fabrikasi antena dapat dilihat pada Gambar 3 (a) untuk tampak depan, dan (b) untuk tampak atas.

B. Pengujian Antena

Pada pengujian antena Quadrifilar Helix terdapat dua metode yang digunakan, yaitu:

1. Pengujian menggunakan instrumen

Instrumen pengukuran yang digunakan ialah Keysight M9371A PXIe Vector Network Analyzer, 300 kHz to 6,5 GHz. Perangkat ini bekerja berdasarkan S-Parameters yang memancarkan gelombang dengan frekuensi 300 kHz–6,5 GHz dan dapat mengukur karakteristik antena berdasarkan gelombang yang dipantulkan kembali ke *port*, sehingga dapat menampilkan grafik VSWR, impedansi dan *return loss*.

2. Pengujian langsung (*Outdoor*)

Pengujian ini dilakukan menggunakan *Graphic User Interface* (GUI) Radiosonde pada lingkungan *rooftop* Gedung Prof. Mohammad Nasir lantai 13, Ocarina Batam Center dan Nongsa dengan kondisi LOS. GUI digunakan untuk mendapatkan nilai RSSI antena dan data dari sensor GPS, suhu, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran *return loss* antena Quadrifilar Helix

Pengukuran yang pertama kali dilakukan adalah pengukuran *return loss*. Hasil dari simulasi dan pengukuran tersebut dapat dilihat dari Gambar 4 dan 5 di atas.

Berdasarkan data grafik *return loss* simulasi yang



Gambar 5. Grafik *return loss* Antena Quadrifilar Helix hasil pengukuran



Gambar 6. Grafik *return loss* Antena Quadrifilar Helix hasil pengukuran untuk frekuensi 433 MHz

terdapat pada Gambar 4 dan grafik *return loss* pengukuran dengan instrument Gambar 5, didapatkan perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil simulasi. Perbedaan tersebut adalah pergeseran frekuensi yang secara langsung berpengaruh pada *return loss*. Untuk frekuensi kerja 433 MHz, frekuensi hasil pengukuran bergeser ke arah kanan atau menjadi 452,5 MHz atau bergeser sekitar 20,5 MHz pada hasil pengukuran antenna. Nilai *return loss* pada frekuensi 452,5 MHz adalah -29,69 dB.

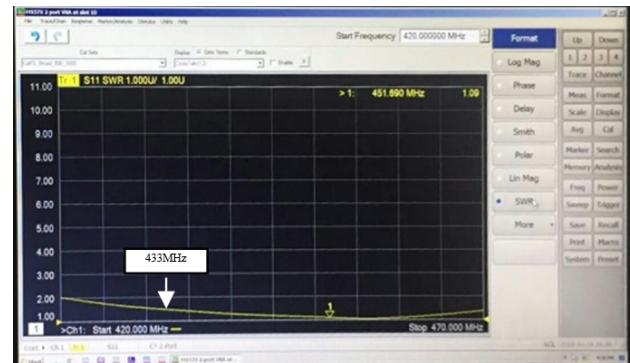
Dengan bergesernya frekuensi tersebut maka nilai *return loss* itu sendiri akan berubah. Berikut nilai *return loss* pada Frekuensi kerja 433 MHz yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Perubahan nilai *return loss* adalah dari nilai -29,69 dB menjadi -13,06 dB. Berdasarkan *return loss*, persentase *error* dari hasil fabrikasi adalah 5,88%. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya pergeseran frekuensi yang menyebabkan perbedaan hasil pengukuran antenna dengan hasil simulasi antenna, faktor tersebut antara lain: hasil fabrikasi yang kurang akurat dengan ukuran simulasi, pengelasan dan penyolderan antenna yang kurang baik.

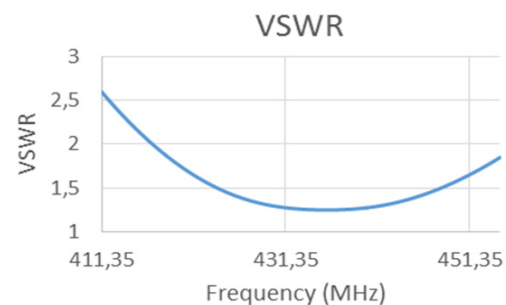
B. Pengukuran VSWR Antena Quadrifilar Helix

Berikut adalah hasil pengukuran VSWR dalam fungsi frekuensi yang menggunakan Vector Network Analyzer sebagai instrumen pengukurannya.

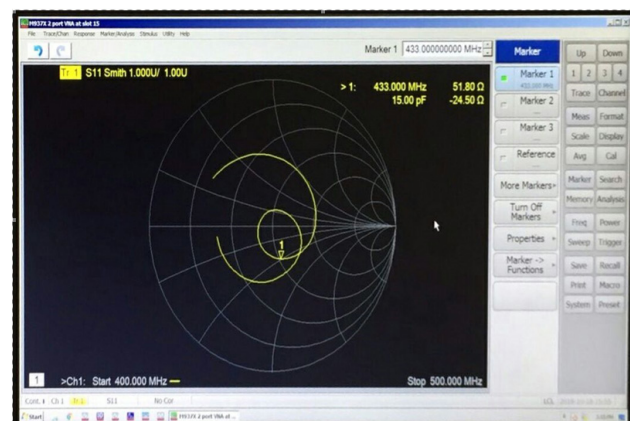
Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai VSWR yang terukur pada Vector Network Analyzer untuk



Gambar 7. Grafik VSWR Antena Quadrifilar Helix



Gambar 8. Nilai VSWR yang didesain dengan software Antenna Magus



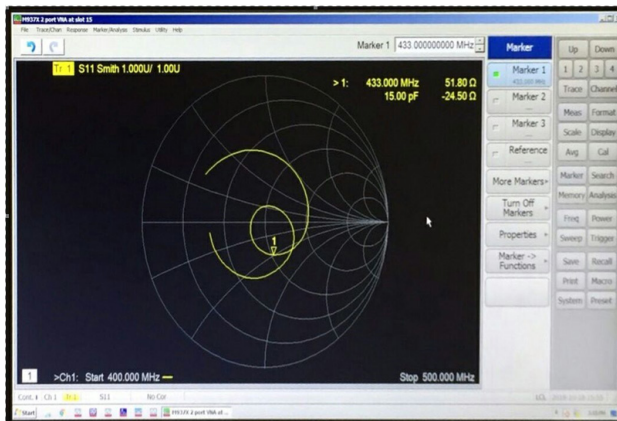
Gambar 9. Smithchart Antena Quadrifilar Helix pada frekuensi 433 MHz

frekuensi 433 MHz adalah 1,5. Hasil tersebut mendekati nilai perhitungan VSWR menggunakan (1) yaitu 1,57. Sedangkan jika dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan *software* Antenna Magus, yang ditunjukkan pada Gambar 8, pada frekuensi 433 MHz didapat nilai VSWR sebesar 1,3. Apabila melihat nilai pada frekuensi optimum antenna (452.5 MHz), maka diperoleh nilai 1,09. Sehingga, setelah dibandingkan, antenna Quadrifilar Helix yang telah difabrikasi masih masuk dalam kriteria nilai $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$.

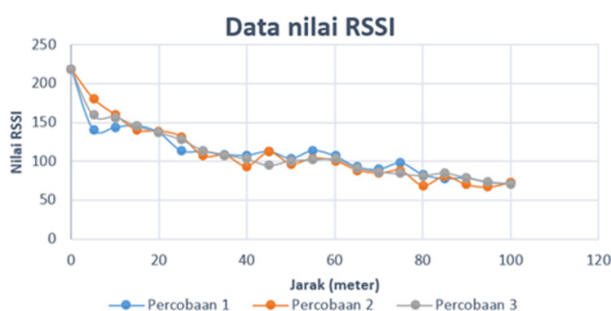
C. Pengukuran Impedansi Antena Quadrifilar Helix

Grafik impedansi antenna dalam fungsi frekuensi dapat diperoleh dengan perhitungan matematis. Berikut gambar hasil pengukuran impedansi dalam bentuk *smithchart* yang didapat dari Vector Network Analyzer.

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai impedansi yang pada frekuensi 433 MHz yaitu 51,80-j24,50 Ω.



Gambar 10. Smithchart Antena Quadrifilar Helix pada frekuensi optimum



Gambar 11. Grafik pengukuran RSSI dengan jarak 0–100 meter

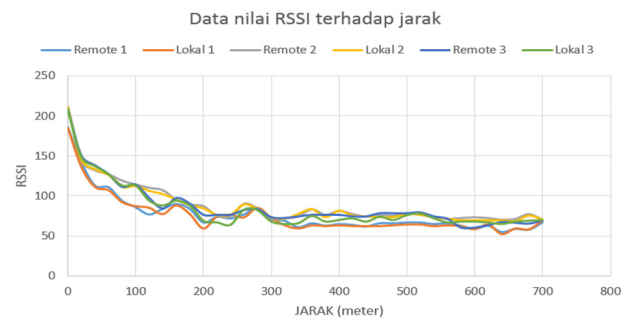
Sedangkan nilai impedansi pada frekuensi optimum antena (452,5 MHz), yang ditunjukkan pada Gambar 10, adalah $46,96 + j7,75 \Omega$. Hasil perbandingan pengukuran tersebut menunjukkan bahwa nilai impedansi terdapat selisih yang kecil dibandingkan impedansi yang diharapkan yaitu $(50\Omega + j0)$. Hal ini dapat menyebabkan banyak daya yang dipantulkan kembali (*reflected*), sehingga nilai *return loss* akan bergeser (*mismatch*). Permasalahan selisih impedansi tersebut dapat diatasi dengan menambahkan rangkaian *matching impedance*.

D. Pengujian Jarak jangkauan

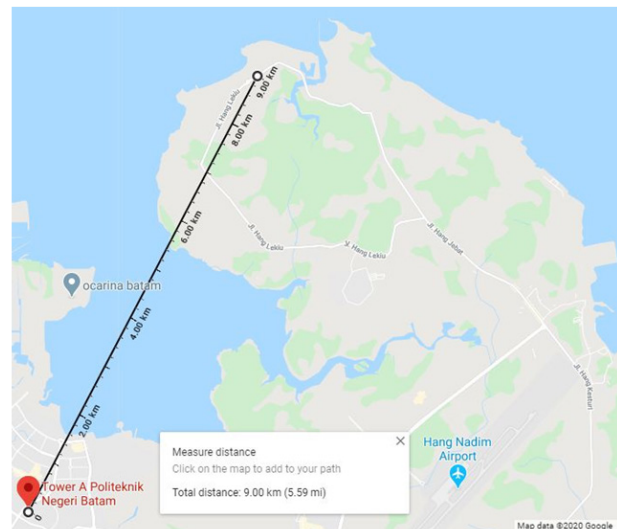
Proses pengujian jarak jangkauan sistem antena dilakukan secara langsung (*outdoor*). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak jangkauan maksimum dari antena Quadrifilar Helix. Nilai RSSI yang didapat dari radio menjadi parameter yang diukur dalam proses pengujian ini. Berikut beberapa data RSSI antena Quadrifilar Helix.

1. Pengukuran RSSI dengan jarak 0–100 meter

Proses pengujian antena dengan jarak 0–100 meter ini dilakukan dengan mengambil data RSSI setiap jarak 5 meter. Grafik hasil pengukurannya ditunjukkan pada Gambar 11. Data RSSI diambil dengan tiga kali percobaan, dimana pengiriman data dilakukan oleh radio 3DR pada frekuensi 433 MHz. Radio 3DR menggunakan antena *Monopole* sebagai antena pemancar dan antena Quadrifilar Helix hasil fabrikasi sebagai antena penerima.



Gambar 12. Grafik pengukuran RSSI dengan jarak 0 – 700 meter



Gambar 13. Peta titik pengukuran RSSI dari Tower A Politeknik Negeri Batam hingga Nongsa

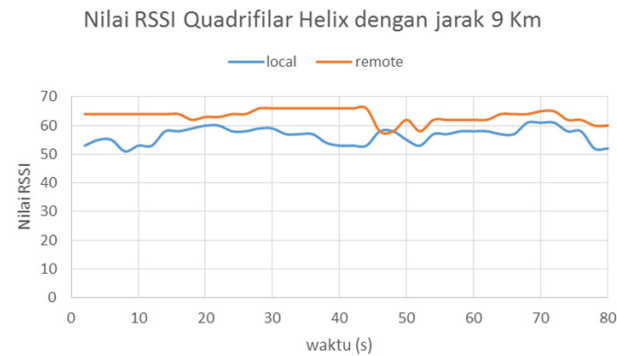
Data grafik dari pengukuran RSSI dengan jarak 0–100 meter ditunjukkan pada Gambar 11. Dari grafik ini dapat dilihat bahwa nilai RSSI masih berada pada rentang 50–150. Nilai RSSI menurun pada saat antena diukur bergerak menjauh. Hal lain yang mempengaruhi perubahan nilai RSSI ini adalah adanya pegesaran sudut saat mengarahkan antena ke antena pemancar. Untuk jarak 100 meter, komunikasi antara Radio 3DR dan penerima yang menggunakan antena Quadrifilar Helix tidak terdapat kendala, 100% data dari sensor GPS dapat diterima.

2. Pengukuran RSSI dengan jarak 0–700 meter

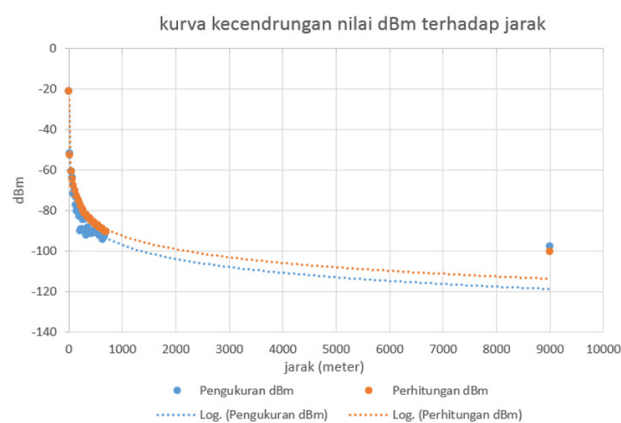
Pada pengujian ini, dilakukan pengambilan data RSSI secara kontinyu bergerak menjauh hingga 700 meter. Grafik hasil pengukuran dengan jarak 0 – 700 meter ditunjukkan pada Gambar 12. Dari grafik pada Gambar 12, dapat dilihat hingga jarak 700 meter, nilai RSSI masih berada di atas 50. Hingga jarak 700 meter, data dari sensor GPS masih dapat diterima dengan baik oleh radio yang menggunakan antena Quadrifilar Helix.

3. Pengukuran nilai RSSI pada jarak 9 kilometer

Untuk mencari seberapa jauh jangkauan dari antena yang telah difabrikasi, dilakukan pengukuran nilai RSSI hingga *receiver* tidak lagi dapat menerima data. Pengukuran dilakukan pada titik pemancar *rooftop* Gedung Prof. Mohammad Nasir (Tower A) lantai 13 Politeknik



Gambar 14. Nilai RSSI antena Quadrifilar Helix pada jarak 9 kilometer



Gambar 15. Kurva kecenderungan nilai dBm terhadap jarak

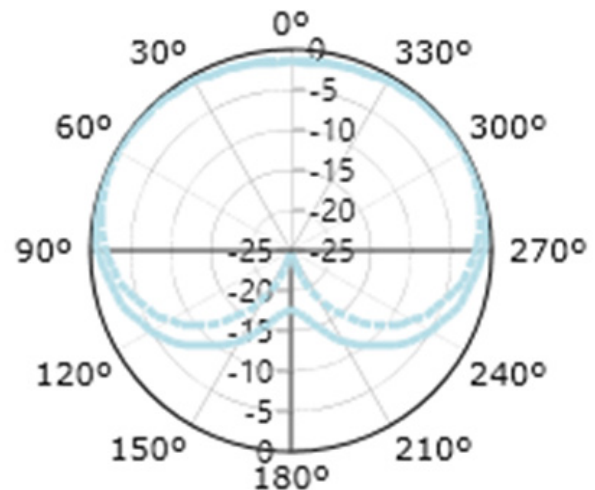
Negeri Batam dan kondisi sistem penerima dengan antena Quadrifilar Helix bergerak menjauh hingga ke daerah Nongsa (Gambar 13). Didapatkan hasil pengukuran terjauh yaitu 9 kilometer dengan kondisi lingkungan LOS.

Selain nilai RSSI, beberapa data lingkungan seperti: GPS, sensor suhu, kelembaban udara, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin, juga diambil setiap dua detik pada pengukuran ini. Jarak terjauh diasumsikan didapat pada saat terakhir kali penerima dapat menerima data. Nilai RSSI diambil pada titik terjauh agar dapat menentukan pola atau kurva kecenderungannya. Berikut Gambar 14 yang menunjukkan grafik RSSI *local* dan *remote*. Yang menjadi acuan sebagai kekuatan sinyal dari antena Quadrifilar Helix adalah data RSSI *local*. Sedangkan data RSSI *remote* merupakan kekuatan sinyal dari antena pemancar. Dari grafik pada Gambar 14, data diambil pada jarak 9 kilometer antara pemancar dan penerima. Data diambil selama 80 detik dan menunjukkan nilai RSSI *local* (penerima) masih bernilai di atas 50.

Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa antena Quadrifilar Helix hasil fabrikasi dapat menerima data hingga jarak 9 kilometer. Hal tersebut cukup layak apabila antena digunakan sebagai bagian dari perangkat komunikasi antarpulau yang menggunakan frekuensi kerja 433MHz. Optimalisasi masih dapat dilakukan dengan mempertimbangkan bahan, *manufacturing* dan tentunya biaya pada saat fabrikasi.

4. Perhitungan kurva kecenderungan

Dari data telah didapat saat pengukuran, dapat



Gambar 16. Pola radiasi antena pada simulasi

ditentukan pola atau kecenderungan nilai dBm terhadap jarak. Penulis mengasumsikan pada pengukuran jarak 0–700 meter tidak LOS karena adanya pengaruh dari kendaraan yang melintas dan banyaknya gedung pada lingkungan pengukuran. Sehingga dari (7), didapatkan nilai $n = 2,425$. Sedangkan untuk pengukuran jarak 9 kilometer, Tower A lantai 13 ke Nongsa, diasumsikan dalam kondisi LOS. Berdasarkan Tabel 1, maka nilai *PathLoss* yang digunakan adalah $n = 2$. Dari hasil kedua asumsi di atas, didapatkan (8) untuk melihat pola atau kurva kecenderungan nilai dBm terhadap jarak (Gambar 15).

$$f(x) = \begin{cases} A - 2,425 \log d, & \text{untuk } d \leq 700 \\ A - 2 \log d, & \text{untuk } d \leq 9000 \end{cases} \quad (8)$$

E. Pengukuran Pola Radiasi

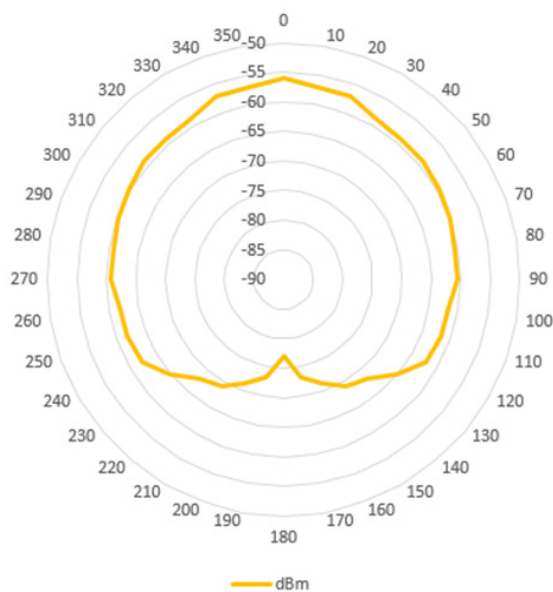
Pola radiasi diukur agar dapat mengetahui seberapa baik hasil fabrikasi antena jika dibandingkan dengan hasil simulasi. Gambar 16 merupakan pola radiasi antena hasil simulasi *software* Antenna Magus, sedangkan Gambar 17 adalah pola radiasi hasil pengukuran.

Berdasarkan perbandingan pola radiasi antara hasil simulasi dengan pengukuran, didapatkan pola radiasi horizontal yang mirip. Pengukuran pola radiasi dilakukan dengan cara mengambil data kuat sinyal dBm persudut mulai dari 0° hingga 360° pada radius 15 meter. Hasil pola radiasi ini menunjukkan bahwa fabrikasi antena dapat dianggap sesuai dengan desain hasil simulasi.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah desain antena Quadrifilar Helix telah berhasil difabrikasi. Hasil fabrikasi antena menunjukkan adanya pergeseran frekuensi ke arah kanan dengan persentase *error* 5,88%. Dari hasil pengukuran, frekuensi optimum antena adalah 452,5 MHz, dengan nilai *return loss* -29,69

Pola radiasi Quadrifilar Helix Antenna



Gambar 17. Pola radiasi antenna dengan nilai dBm pada jarak 15 meter

dB dan VSWR 1,09. Apabila antenna tersebut bekerja pada frekuensi 433 MHz, maka memiliki nilai *return loss* sebesar -13,06 dB dan VSWR 1,5. Nilai ini dianggap baik untuk sebuah antenna penerima karena masih memenuhi nilai kriteria VSWR yaitu ≤ 2 . Nilai impedansi yang terukur pada frekuensi kerja 433 MHz adalah sebesar $51,80 - j24,50 \Omega$. Nilai impedansi tersebut masih belum ideal, namun dapat dilakukan optimalisasi dengan menambahkan rangkaian *matching impedance*. Dalam kondisi LOS, antenna hasil fabrikasi ini mampu menjangkau jarak maksimum hingga 9 kilometer. Secara umum, desain antenna Quadrifilar Helix berhasil difabrikasi dengan menggunakan material sederhana, ringan, dan murah, serta layak untuk digunakan sebagai antenna komunikasi antarpulau pada pita UHF.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Riau, "Provinsi Kepulauan Riau Dalam Angka 2020," *Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Riau*, 2020. [Online]. Available: <https://kepri.bps.go.id/publication/2020/04/27/b8c13b368fd57df2ec706440/provinsi-kepulauan-riau-dalam-angka-2020.html>. [Accessed: May. 07, 2020].
- [2] J. R. Balbin and M. J. S. delos Reyes, "Development and implementation of low cost salinity and temperature monitoring system for mangrove forest," in *2017 IEEE 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, Dec. 2017, pp. 1–6.
- [3] Z. M. Loni, H. G. Espinosa, and D. V. Thiel, "Floating Monopole Antenna on a Tethered Subsurface Sensor at 433 MHz for Ocean Monitoring Applications," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 42, no. 4, pp. 818–825, Oct. 2017.
- [4] S. Aisyah, D. Untari, H. Wijanarko, and Y. Harini, "Design of Data Acquisition System of Environmental Parameters Implemented in Riau Islands using myRIO," in *2019 International Conference on Applied Engineering (ICAE)*, Oct. 2019.
- [5] M. Lu, X. Zhao, and Y. Huang, "Fast localization for emergency monitoring and rescue in disaster scenarios based on WSN," in *2016 14th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)*, Nov. 2016, pp. 1–6.
- [6] S. Aisyah, A. F. Daulay, Kamarudin, D. S. Pamungkas, and H. Wijanarko, "IoT-Based Transceiver Location Tracking System," in *2019 International Conference on Applied Engineering (ICAE)*, Oct. 2019.
- [7] S. Aisyah, M. L. P. Nugroho, Kamarudin, and H. Wijanarko, "Image Transmission Performance Over UHF Channel Using Real Time Processing in LOS and NLOS Transmission," in *2019 International Conference on Applied Engineering (ICAE)*, Oct. 2019.
- [8] M. Šekelja, J. Jurica, and Z. Blažević, "Designing and Testing the Quadrifilar Helical Antenna," presented at the 2009 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks: (SoftCOM 2009), Hvar, Croatia, Sep. 2009.
- [9] S. Shoaib, W. A. Shah, A. Fahim Khan, and M. Amin, "Design and Implementation of Quadrifilar Helix Antenna for Satellite Communication," in *2010 6th International Conference on Emerging Technologies (ICET)*, Islamabad, Pakistan, Oct. 2010, pp. 230–233.
- [10] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. John Wiley & Sons, 2016.
- [11] A. Elrashidi and K. Elleithy, Hassan Bajwa, "Input Impedance, VSWR and Return Loss of a Conformal Microstrip Printed Antenna for TM01 mode Using Two Different Substrates," *IJNC*, vol. 2, no. 2, pp. 13–19, Aug. 2012.
- [12] J. L. Volakis, Ed., *Antenna Engineering Handbook*, 4. ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2007.
- [13] S. Joana Halder and W. Kim, "A Fusion Approach of RSSI and LQI for Indoor Localization System Using Adaptive Smoothers," *Journal of Computer Networks and Communications*, vol. 2012, pp. 1–10, 2012.
- [14] F. J. Casadevall Palacio *et al.*, "Radio environmental maps: information models and reference model. Document number D4.1," Apr. 2011. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/14940>. [Accessed: May. 11, 2020].